

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-218402

(P2000-218402A)

(43)公開日 平成12年8月8日(2000.8.8)

(51)IntCl⁷

B 2 3 B 1/00

識別記号

F I

B 2 3 B 1/00

テーム(参考)

C 3 C 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数 2 OL (全 7 頁)

(21)出願番号

特願平11-24199

(22)出願日

平成11年2月1日(1999.2.1)

(71)出願人 000237396

富士工業株式会社

静岡県浜松市和田町5番地の2

(72)発明者 鈴木 秀幸

静岡県浜松市和田町5-2 富士工業株式会社内

(72)発明者 坂本 泰弘

静岡県浜松市和田町5-2 富士工業株式会社内

(74)代理人 100081385

弁理士 塩川 修治

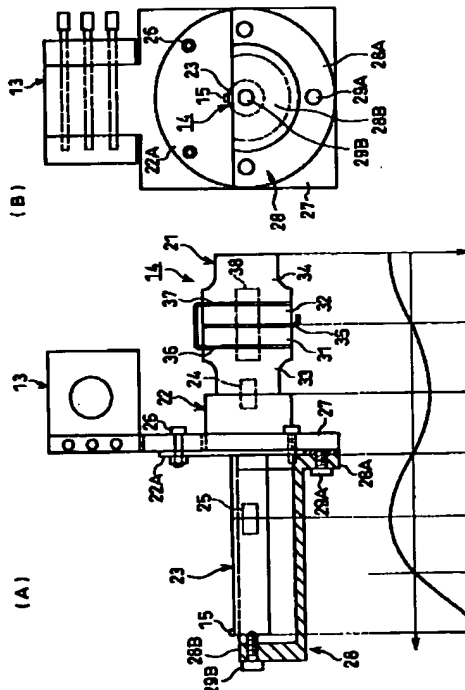
Fターム(参考) 3C045 AA03 AA05 EA20

(54)【発明の名称】 超音波振動体

(57)【要約】

【課題】 超音波振動体において、ホーンの高剛性化を図ること。

【解決手段】 超音波振動体14において、ホーン23を保持する保持具28を有し、コーン22上の運動の節面に保持具28を固定するとともに、ホーン23の先端面の中心軸上に保持具28を固定してなるもの。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ねじり振動子にホーンを連結してなる超音波振動体において、
ホーンを保持する保持具を、ねじり振動子とホーンの間
に介装されているコーンに支持してなり、
コーン上の振動の節面に保持具を固定するとともに、ホ
ーンの先端面の中心軸上に保持具を固定してなることを
特徴とする超音波振動体。

【請求項2】 ねじり振動子にホーンを連結してなる超音波振動体において、
ホーンの内部の中心軸上に排熱手段を内蔵してなることを
特徴とする超音波振動体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、加工装置等に用い
て好適な超音波振動体に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、ねじり振動子にホーンを連結して
なる超音波振動体があり、この超音波振動体を加工装置
に適用することが考えられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】然しながら、従来の超
音波振動体には、以下の問題点がある。

①ホーンが振動子の前面体や、振動伝送用コーンの前面
から長く突出するものであるとき、ホーンの剛性不足に
より、ホーンの先端部に設けた加工具（刃物等）に作用
する外力による撓みが大きく、高精度の加工に供し得な
い。

【0004】②ホーンの先端部に設けた加工具（刃物
等）に加工に起因して生ずる発熱がホーンに伝わって該
ホーンを加熱し、或いは超音波振動に起因してホーンが
発熱することにより、該ホーンの温度上昇を生ずる。こ
のホーンの温度上昇は、ホーンが構成する振動系の熱変
形により振動の節、腹の位置を変位せしめ、結果として
加工具を固定してあったホーンの先端部が振動の腹から
位置ずれすることによる加工不良、或いはホーンの熱変
形によりホーンが伸縮して該ホーンの先端部に固定して
あった加工具の位置が変位することによる加工不良を招
く。

【0005】本発明の課題は、超音波振動体において、
ホーンの高剛性化を図ることにある。

【0006】また、本発明の課題は、超音波振動体にお
いて、ホーンの温度上昇を回避することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の本発明
は、ねじり振動子にホーンを連結してなる超音波振動体
において、ホーンを保持する保持具を、ねじり振動子と
ホーンの間に介装されているコーンに支持してなり、コ
ーン上の振動の節面に保持具を固定するとともに、ホー
ンの先端面の中心軸上に保持具を固定してなるようにし

たものである。

【0008】請求項2に記載の本発明は、ねじり振動子
にホーンを連結してなる超音波振動体において、ホー
ンの内部の中心軸上に排熱手段を内蔵してなるようにした
ものである。

【0009】

【作用】請求項1の本発明によれば下記①の作用があ
る。

①ねじり振動子に固定した振動伝送用コーンに支持した
保持具を用いて、ホーンを保持することにより、ホー
ンの高剛性化を図る。このとき、保持具は、コーン上の振
動の節面に固定され、この節面ではねじり振動の故にコ
ーンの表面まで不動点（振動零）であり、振動体の振動
特性に悪影響を及ぼすことがなく、振動伝達効率を損な
わない。また、保持具はホーンの先端面の中心軸上に固
定され、この中心軸上はねじり振動の故に不動点（振動
零）であり、振動体の振動特性に悪影響を及ぼすことが
なく、振動伝達効率を損なわない。従って、振動体の振
動特性に悪影響を及ぼすことなく、ホーンの高剛性化を
図ることができる。これにより、ホーンの先端部に設け
られる加工具（刃物等）に作用する外力（負荷）による
撓みを抑え、加工精度を向上できる。

【0010】請求項2の本発明によれば下記②の作用があ
る。

②ホーンの内部の中心軸上に、排熱手段を内蔵したこと
により、ホーンの先端部に設けた加工具（刃物等）に加
工に起因して生ずる発熱や、超音波振動に起因してホー
ンに生ずる発熱を、排熱手段により排熱し、ホーンの温
度上昇を回避できる。このとき、排熱手段はホーンの中
心軸上に内蔵され、この中心軸上はねじり振動の故に不
動点（振動零）であり、振動体の振動特性に悪影響を及
ぼすことがなく、振動伝達効率を損なわない。従って、
振動体の振動特性に悪影響を及ぼすことなく、ホーンの
温度上昇を回避できる。これにより、ホーンが構成する
振動系の熱変形に起因する振動の節、腹の位置の変位に
より加工具が振動の腹から位置ずれすることを回避し、
或いはホーンの熱変形によるホーンの伸縮に起因して該
ホーンの先端部に設けてある加工具の位置が変位するこ
とを回避し、ひいては加工不良の発生を回避し、加工精
度を向上できる。

【0011】

【発明の実施の形態】図1は超音波振動切削装置を示す
模式図、図2は超音波振動体を示す模式図、図3はねじ
り振動子を示す模式図、図4は縮退モードの直径比と共
振周波数比の関係を示す線図、図5は縮退モードの直径
比と出力パワー比の関係を示す線図、図6は超音波振動
体の他の例を示す模式図、図7は超音波振動体の他の例
を示す模式図である。

【0012】（超音波振動切削装置10）（図1）

超音波振動切削装置10は、図1に示す如く、フライス

盤類似型であり、コラム11にテーブル12を支持するとともに、刃物台13を支持し、この刃物台13にねじり振動モードの超音波振動体14（後述するねじり振動子21により駆動される）を保持し、超音波振動体14の先端部に刃物15を着脱可能とされている。1は金属、樹脂、ゴム等の工作物である。

【0013】超音波振動切削装置10にあっては、刃物15を工作物1を削るために動かす切削運動付与手段を、超音波振動体14の振動のみにより構成している。従って、超音波振動切削装置10にあっては、従来のフ

ライス盤で必須であった、刃物15を切削運動のために高速度（切削速度 v ）で回転する主軸を切削運動付与手段として必要としない。

【0014】また、超音波振動切削装置10にあっては、刃物15を工作物1の新切削領域に動かす送り運動手段を、テーブル12のX軸駆動モータ16、テーブル12のZ軸駆動モータ17、刃物台13のY軸駆動モータ18、刃物15の θ 軸（回転角）駆動モータ19により構成している。20はNC制御盤である。

【0015】従って、超音波振動切削装置10による切削加工においては、超音波振動体14を後述するねじり振動子21の駆動によって振動させて刃物15を工作物1に接触させることにより切削運動して工作物1を削るとともに、モータ16～19の送り運動手段により刃物15を工作物1に一定の加工形状を与えるための工作物1との相対位置関係だけを考慮して単純に送り運動すれば足りるものとなる。

【0016】尚、超音波振動切削装置10は、従来のフライス盤で必須であった主軸を必要としないから、スカラ型ロボットの片持式アームの先端に超音波振動体14

【0017】（超音波振動体14）（図2）
前述の超音波振動体14は、図2に示す如く、ねじり振動子21の前面に振動伝送用コーン22を介してホーン23を結合し、ホーン23の先端外周面の刃物取付部に前述の刃物15を着脱可能に取着してある。ねじり振動子21とコーン22はそれらの中心軸上に設けられる締結ボルト24により、コーン22とホーン23はそれらの中心軸上に設けられる締結ボルト25により結合されている。このとき、超音波振動体14は、ねじり振動子21の駆動により、図2（A）に例示する如くのねじり振動の振幅分布で共振振動し、刃物15は振動の腹に対応して設けられていて大きく振動し、振動切削加工するものとなる。

【0018】尚、超音波振動体14はコーン22の振動の節となる部分にフランジ22Aを備え、このフランジ22Aを固定ボルト26で刃物台13への取付治具27に保持することとしている。これにより、超音波振動体14は刃物台13への取付保持に際し、その取付けが超音波振動体14の振動特性に悪影響を与えることのない

ようにしている。

【0019】然るに、超音波振動体14にあっては、ホーン23の高剛性化のために、ホーン23を保持する保持具28をコーン22に支持している。保持具28は焼入れ鋼等の高剛性材料により構成される。そして、コーン22上の振動の節面に位置する前述のフランジ22Aに保持具28の基端取付部28Aをボルト29Aで固定するとともに、ホーン23の先端面の振動の不動点である中心軸上に保持具28の先端取付部28Bをボルト29Bで固定している。

【0020】（ねじり振動子21）（図3～図5）

前述のねじり振動子21は、図3に示す如く、ボルト締めランジュバン型ねじり振動子であり、円板形ねじり振動モードの電歪素子31、32の両面に前面体33と背面体34を配置し、電歪素子31、32の間に電極板35を、電歪素子31と電歪素子32のそれぞれの外側に電極板36、37を配置し、それらの全体をそれらの中心軸上に設けられる締結ボルト38で結合したものである。電歪素子31、32は、電極板35に対して同一極性となるように設定される。

【0021】ねじり振動子21にあっては、前面体33と背面体34の直径を電歪素子31、32から遠ざかる方向で縮径してなる縮退モードを付与してある。本実施形態の前面体33と背面体34は、太径部（ ϕD ）と細径部（ ϕnD ）（直径比 $n < 1$ ）の直径が段階的に不連続で変化する段付き円柱であり、段の部分にはR付き（ $R = D(1-n)/2$ ）とされている。また、本実施形態のねじり振動子21は、全長 L に対し、太径部（ ϕD ）の長さを mL （縮退長さ比 m ）とし、電歪素子31、32の両側を互いに左右対称としている。

【0022】然るに、ねじり振動子21によれば、ねじり振動子21に一定の長さ L を確保した状態で、ねじり振動子21の共振周波数を高周波数化できる。即ち、図4は、縮退長さ比 $m=0.5$ のときの、縮退モードの直径比 n に対するねじり振動子21のねじり共振周波数比（ f/f_0 ）である（ $n=1$ のときのねじり共振周波数 f_0 ）。図4によれば、ねじり振動子21の縮退モードの直径比 n を小さく（縮退）することにより、共振周波数比を1より大きく、従って高周波数化できることが認められる。例えば、ねじり振動子21の全長 $L=80\text{mm}$ 、太径部の直径 $D=50\text{mm}$ とすると、縮退長さ比 $m=0.5$ 、直径比 $n=0.7$ とすると、共振周波数はストレート状の場合の20kHzを27kHzに高周波数化できる。

【0023】また、ねじり振動子21によれば、ねじり振動子21に一定の長さ L を確保した状態で、ねじり振動子21の出力パワーを増大化できる。即ち、図5は、縮退長さ比 $m=0.5$ のときの、縮退モードの直径比 n に対するねじり振動子21の出力パワー比（ w/w_0 ）である（ $n=1$ の時の出力パワー w_0 ）。図5によれば、ねじり振動子21の縮退モードの直径比 n を1より小さく

(縮退)することにより、出力パワー比を1より大きく、従って増大化できることが認められる。例えば、ねじり振動子21の全長 $l=80\text{mm}$ 、太径部の直径 50mm とすると、縮退長さ比 $m=0.5$ 、直径比 $n=0.7$ とすると、出力パワーはストレート状の場合の35%増大化できる。

【0024】尚、ねじり振動子21は、電歪素子31、32、前面体33、背面体34等の結合を必ずしも締結ボルト38によることなく、圧入ピン、もしくは接着剤等により行なうものであっても良い。

【0025】また、ねじり振動子21に付与する縮退モードは、前面体33と背面体34を左右非対称状とするものであっても良く、また前面体33と背面体34の一方にだけ与えるものであっても良く、また必ずしも直径を2段階以上に段階的に不連続で変化せしめるに限らず、テーパ等の直線状もしくは曲線状に連続で変化せしめるものであっても良い。

【0026】従って、本実施形態によれば、以下の作用がある。

(超音波振動切削装置10の作用効果)

①刃物15による切削運動が、振動体14の振動のみによる。このため、刃物15による切削運動が、工作物1(もしくは刃物15)の回転運動又は直線運動(切削速度 v)に依存することを必須とせず、切削装置10を簡易、小型化できる。

【0027】②刃物15による切削運動のために、工作物1(もしくは刃物15)の回転運動又は直線運動(切削速度 v)を伴うことを必須としないから、刃物15は一定の加工形状を工作物1に与えるために、工作物1との相対位置関係だけを考慮して単純に送り運動すれば足り、複雑な加工形状にも容易に対応できる。

【0028】③刃物15による切削運動が超音波振動によるものであるから、刃物15と工作物1との間に生ずる振動のプラスの加速度による慣性切削作用と、これに続く振動のマイナスの加速度によって刃物15を工作物1から離すことによる切り屑排出抵抗の極端な低減作用により、切削抵抗を著しく低減できる。この切削抵抗の著しい低減により、細径工作物1でも変形させずに加工する微細加工、切削装置10の剛性が小さくても、刃物15の送り通りに加工できる精密加工、粘性や硬度の高い難削材の加工、工作物1の温度上昇を抑えた加工、切削油を必要としない加工等を実現できる。

【0029】④振動子21がねじり振動からなるものとすることにより、振動体14の振動子21から刃物15までの振動系の振動伝達効率を高くでき、刃物15に大きな振動エネルギーを付与し、切削加工効率を向上できる。即ち、ねじり振動の振動体14にあっては、振動の節であれば、その表面まで振動零であり、この振動の節の表面を支持することにより、振動の伝達に悪影響を与えることなく、振動を刃物15まで高効率で伝達できる。

【0030】(超音波振動体14の作用効果)

①ねじり振動子21に固定した振動伝送用コーン22に支持した保持具28を用いて、ホーン23を保持することにより、ホーン23の高剛性化を図る。このとき、保持具28は、コーン22上の振動の節面に固定され、この節面ではねじり振動の故にコーン22の表面まで不動点(振動零)であり、振動体14の振動特性に悪影響を及ぼすことがなく、振動伝達効率を損なわない。また、保持具28はホーン23の先端面の中心軸上に固定され、この中心軸上はねじり振動の故に不動点(振動零)であり、振動体14の振動特性に悪影響を及ぼすことがなく、振動伝達効率を損なわない。従って、振動体14の振動特性に悪影響を及ぼすことなく、ホーン23の高剛性化を図ることができる。これにより、ホーン23の先端部に設けられる刃物15に作用する外力(負荷)による撓みを抑え、加工精度を向上できる。

【0031】(ねじり振動子21の作用効果)

①ねじり振動子21において、前面体33と背面体34の少なくとも一方で、それらの直径を電歪素子31、32から遠ざかる方向で縮径していくと、前面体33と背面体34がそれぞれストレート状であるものに比して、振動子21に一定の長さを確保した状態で、振動子21の共振周波数を高周波数化できる。これにより、振動子21の共振周波数を可聴周波数から引き離して騒音を解消したり、或いは振動速度を大ならしめて振動に基づく衝撃力(加工力)を大ならしめることができる。

【0032】②ねじり振動子21において、前面体33と背面体34の少なくとも一方で、それらの直径を電歪素子31、32から遠ざかる方向で縮径していくと、前面体33と背面体34がそれぞれストレート状であるものに比して、振動子21に一定の長さを確保した状態で、振動子21の出力パワーを増大化できる。

【0033】以下、超音波振動体14の変形例について説明する。

(超音波振動体14の第1変形例)(図6)

図6の超音波振動体14も、図2の超音波振動体14と同様に、ねじり振動子21の前面にコーン22を介してホーン23を結合し、ホーン23の先端外周面の刃物取付部に刃物15を着脱可能に取着してある。ねじり振動子21とコーン22はそれらの中心軸上で締結ボルト24により締結され、コーン22とホーン23はそれらの中心軸上で締結ボルト25により結合されている。このとき、振動体14は、ねじり振動子21の駆動により、図6(A)に例示する如くのねじり振動の振幅分布で共振振動し、刃物15は振動の腹に対応する位置に配置されて大きく振動し、振動切削加工するものとなる。

【0034】尚、振動体14はコーン22の振動の節となる部分にフランジ22Aを備え、このフランジ22Aを固定ボルト26で刃物台13の取付部13A、13Bに保持している。また、振動体14はホーン23の振動

の節となる外周部を半割リング41A、41Bにより挟着され、これらのリング41A、41Bを固定ボルト42で刃物台13の取付部13A、13Bに保持している。これにより、振動体14は刃物台13への取付保持に際し、その取付けが振動体14の振動特性に悪影響を与えることのないようにしている。

【0035】然るに、振動体14にあつては、振動体14におけるホーン23の温度上昇回避のために、振動体14（ホーン23）の中心軸上に排熱手段としての、冷却流体排出通路43、冷却流体注入管44を内蔵してある。即ち、振動子21、コーン22、ホーン23の中心軸上に冷却流体排出通路43を穿設し、この冷却流体排出通路43の一端から間隙を介して冷却流体注入管44を挿入し、この冷却流体排出通路43の他端をプラグ45で閉止する。これにより、冷却流体注入管44から注入される水等の冷却流体は、冷却流体注入管44の先端側の孔44Aから冷却流体排出通路43に流出し、冷却流体排出通路43を注入管44まわりに沿って移動して外部へと排出される過程で、刃物15に生ずる加工発熱や、超音波振動に起因して振動子21、コーン22、ホーン23に生ずる発熱を吸収して外部へと排出する。

【0036】従つて、図6の超音波振動体14によれば、ホーン23の内部の中心軸上に、冷却流体排出通路43と冷却流体注入管44からなる排熱手段を内蔵したことにより、ホーン23の先端部に設けた刃物15に加工に起因して生ずる発熱や、超音波振動に起因してホーン23に生ずる発熱を、排熱手段により排熱し、ホーン23の温度上昇を回避できる。このとき、排熱手段はホーン23の中心軸上に内蔵され、この中心軸上はねじり振動の故に不動点（振動零）であり、振動体14の振動特性に悪影響を及ぼすことがなく、振動伝達効率を損なわない。従つて、振動体14の振動特性に悪影響を及ぼすことなく、ホーン23の温度上昇を回避できる。これにより、ホーン23が構成する振動系の熱変形に起因する振動の節、腹の位置の変位により刃物15が振動の腹から位置ずれすることを回避し、或いはホーン23の熱変形によるホーン23の伸縮に起因して該ホーン23の先端部に設けてある刃物15の位置が変位することを回避し、ひいては加工不良の発生を回避し、加工精度を向上できる。

【0037】（超音波振動体14の第2変形例）（図7）

図7の超音波振動体14が図6の超音波振動体14と実質的に異なる点は、振動体14におけるホーン23等の温度上昇回避のために、振動体14（ホーン23）の中心軸上に排熱手段として、熱伝導体51を内蔵し、この

熱伝導体51を熱移動体52を介して、コーン22のフランジ22A、刃物台13の取付部13Bに接続したことにある。即ち、振動子21、コーン22、ホーン23の中心軸上に穿設した孔に熱伝導体51を挿着し、この熱伝導体51の一端を固定ボルト53によりホーン23に固定し、熱伝導体51の他端に固定ボルト54で熱移動体52を接続した。熱伝導体51はアルミニウム管、銅管、ヒートパイプ等にて構成でき、熱移動体52は銅網組体等にて構成できる。これにより、刃物15に生ずる加工発熱や、超音波振動に起因して振動子21、コーン22、ホーン23に生ずる発熱を熱伝導体51、熱移動体52によって刃物台13の側面に排熱でき、図6の超音波振動体14において前述したと同様のホーン23等の温度上昇の回避と、それに基づく加工精度向上の作用がある。

【0038】以上、本発明の実施の形態を図面により詳述したが、本発明の具体的な構成はこの実施の形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があつても本発明に含まれる。

【0039】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、超音波振動体において、ホーンの高剛性化を図ることができる。また、本発明によれば、超音波振動体において、ホーンの温度上昇を回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は超音波振動切削装置を示す模式図である。

【図2】図2は超音波振動体を示す模式図である。

【図3】図3はねじり振動子を示す模式図である。

【図4】図4は縮退モードの直径比と共振周波数比の関係を示す線図である。

【図5】図5は縮退モードの直径比と出力パワー比の関係を示す線図である。

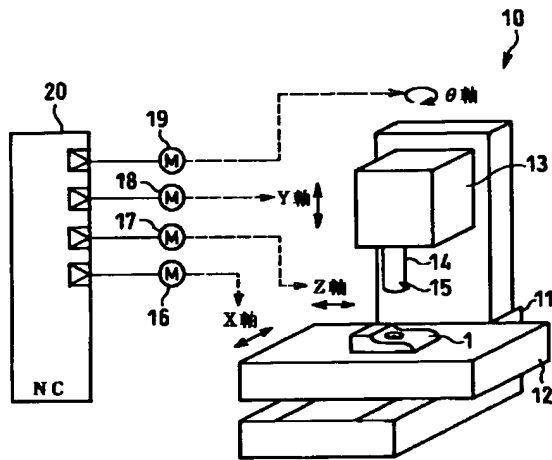
【図6】図6は超音波振動体の他の例を示す模式図である。

【図7】図7は超音波振動体の他の例を示す模式図である。

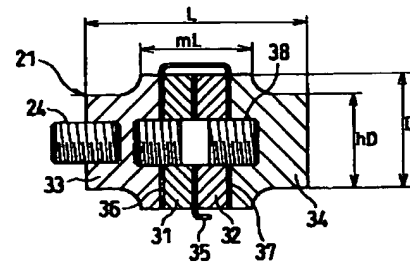
【符号の説明】

- 14 超音波振動体
- 21 ねじり振動子
- 22 コーン
- 23 ホーン
- 28 保持具
- 43 冷却流体排出通路（排熱手段）
- 44 冷却流体注入管（排熱手段）
- 51 熱伝導体（排熱手段）

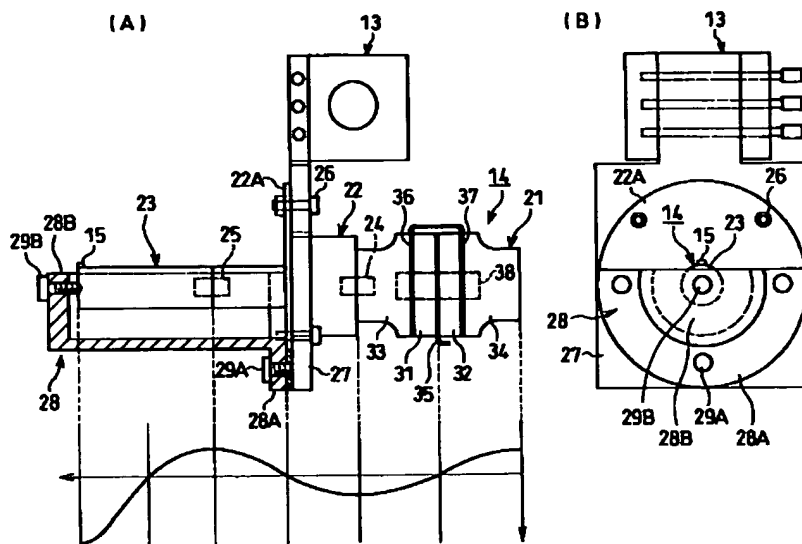
【図1】



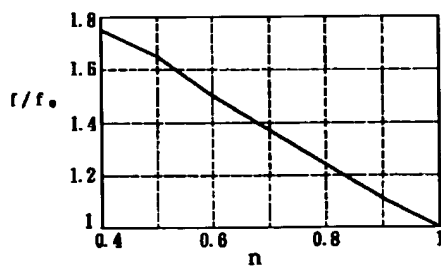
【図3】



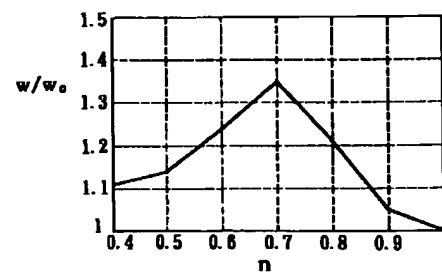
【図2】



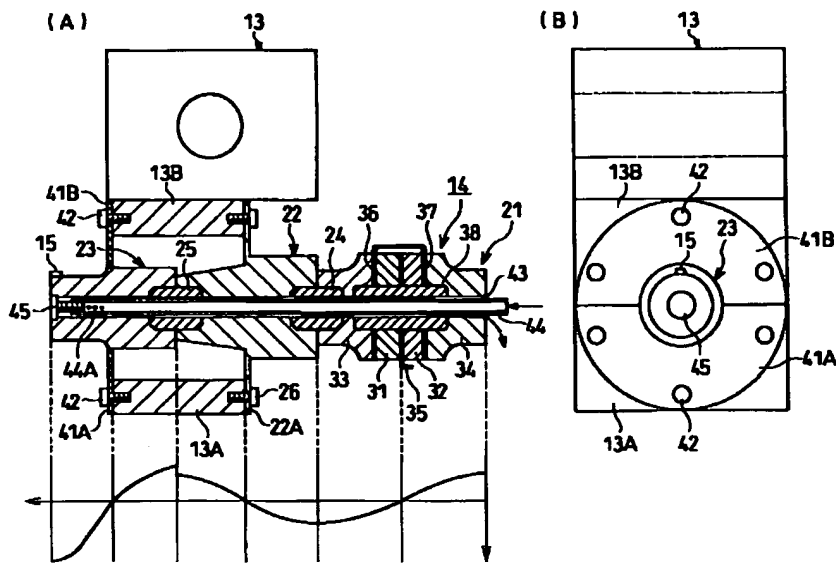
【図4】



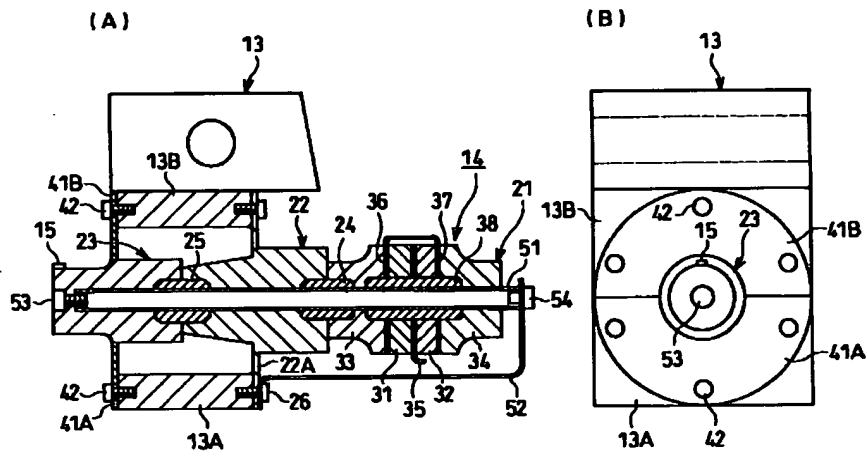
【図5】



【図6】



【図7】



【手続補正書】

【提出日】平成11年2月4日(1999. 2. 4)

【手続補正1】

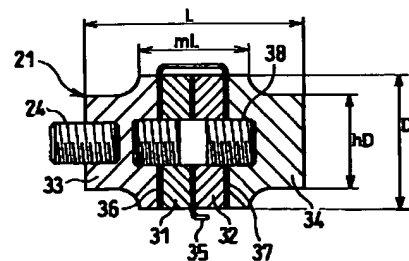
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図3

【補正方法】変更

【補正内容】

【図3】



PAT-NO: JP02000218402A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000218402 A
TITLE: ULTRASONIC VIBRATOR

PUBN-DATE: August 8, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SUZUKI, HIDEYUKI	N/A
SAKAMOTO, YASUHIRO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FUJI KOGYO KK	N/A

APPL-NO: JP11024199
APPL-DATE: February 1, 1999

INT-CL (IPC): B23B001/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the rigidity of a horn and to prevent the rise of a temperature of the horn by supporting a holding tool for holding the horn by a cone disposed between a torsional vibrator and the horn, fixing the holding tool on a node face of the vibration on the cone, and fixing the holding tool on a central axis of a point surface of the horn.

SOLUTION: A torsional vibrator 21 and a cone 22 are connected by a fastening bolt 24 mounted on their central axis, and the cone 22 and a horn 23 are connected by a fastening bolt 25 mounted on their central axis. In an ultrasonic vibrator 14, a holding tool 28 for holding the horn 23 is supported on a cone 22 to improve the rigidity of the horn 23. The holding tool 28 is made of a material of high rigidity such as hardened steel and the like. A basic mounting part 28A of the holding tool 28 is fixed by a bolt 29A to a flange 22A positioned on a node face of the vibration on the cone 22, and a point mounting part 28B of the holding tool 28 is fixed by a bolt 29B to a central axis as an immovable point of the vibration, of a point surface of the horn 23.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO